

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

H. Nambu  
Filed 4/18/01  
Q62963  
1 of 1

J1036 U.S. PTO  
09/836286  
04/18/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2000年 4月21日

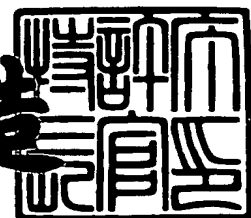
出 願 番 号  
Application Number: 特願2000-120337

出 願 人  
Applicant(s): 日本電気株式会社

2001年 1月26日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3001776

【書類名】 特許願

【整理番号】 74112225

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/304  
H01L 21/312  
C23F 4/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

【氏名】 南部 英高

【特許出願人】

【識別番号】 000004237

【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100114672

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮本 恵司

【電話番号】 042-730-6520

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 093404

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0004232

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

有機低誘電率膜からなる層間絶縁膜のエッチングを $\text{NH}_3$ 又は $\text{NH}_3$ を含むガスを用いて行うことを特徴とする絶縁膜のエッチング方法。

【請求項 2】

有機低誘電率膜とその上層に形成するシリコン含有絶縁膜とで構成される層間絶縁膜上にレジストパターンを形成し、該レジストパターンをマスクとして前記シリコン含有絶縁膜をエッチングした後、前記シリコン含有絶縁膜をマスクとして前記有機低誘電率膜のエッチングを行う絶縁膜のエッチング方法であって、

前記有機低誘電率膜のエッチングを $\text{NH}_3$ 又は $\text{NH}_3$ を含むガスを用いて行い、前記有機低誘電率膜のエッチングに際して前記レジストパターンを同時に除去することを特徴とする絶縁膜のエッチング方法。

【請求項 3】

前記シリコン含有絶縁膜が、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{SiOF}$ 、有機 $\text{SO}$ 、 $\text{G}$ 、無機多孔質膜又は無機低誘電率膜のいずれかを含む請求項 2 記載の絶縁膜のエッチング方法。

【請求項 4】

前記 $\text{NH}_3$ を含むガスが、 $\text{NH}_3$ に $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2$ の少なくともいずれかを混合したガスであることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一に記載の絶縁膜のエッチング方法。

【請求項 5】

前記有機低誘電率膜が、シリコン非含有の有機膜、炭化水素系の有機低誘電率膜、芳香族系の有機低誘電率膜又はフッ素含有樹脂膜のいずれかを含むことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一に記載の絶縁膜のエッチング方法。

【請求項 6】

半導体基板の上層に有機低誘電率膜を所定の膜厚で形成する工程と、前記有機低誘電率膜上にシリコン含有絶縁膜を堆積する工程と、前記シリコン含有絶縁膜

上に所定の開口を有するレジストパターンを形成する工程と、前記レジストパターンをマスクとしてフッ素系のガスを用いたドライエッチングにより前記シリコン含有絶縁膜をエッチングする工程と、前記シリコン含有絶縁膜をマスクとして前記有機低誘電率膜をエッチングして所定の形状の貫通孔を形成する工程と、前記貫通孔内部にバリアメタルと金属膜とを埋設する工程と、を少なくとも有する多層配線構造の半導体装置の製造方法において、

前記有機低誘電率膜のエッチングを、 $\text{NH}_3$ 又は $\text{NH}_3$ を含むガスを用いて行い、前記有機低誘電率膜のエッチングに際して前記レジストパターンを同時に除去することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 7】

前記 $\text{NH}_3$ を含むガスが、 $\text{NH}_3$ に $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2$ の少なくともいずれかを混合したガスであることを特徴とする請求項 6 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】

前記有機低誘電率膜が、シリコン非含有の有機膜、炭化水素系の有機低誘電率膜、芳香族系の有機低誘電率膜又はフッ素含有樹脂膜のいずれかを含み、

前記シリコン含有絶縁膜が、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{SiOF}$ 、有機 SOG、無機多孔質膜又は無機低誘電率膜のいずれかを含む請求項 6 又は 7 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 9】

基板上層に所定の膜厚の有機低誘電率膜と $\text{NH}_3$ 系ガスに耐性のあるシリコン含有絶縁膜とで構成される層間絶縁膜を有し、該層間絶縁層に所定の形状の貫通を備え、前記貫通孔内部にバリアメタルと金属膜とが埋設された配線層を少なくとも有する多層配線構造の半導体装置であって、

前記有機低誘電率膜に設けられた貫通孔が、 $\text{NH}_3$ 又は $\text{NH}_3$ を含むガスを用いたドライエッチングにより形成された所定の値以上のアスペクト比を有する貫通孔であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 10】

前記 $\text{NH}_3$ を含むガスが、 $\text{NH}_3$ に $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2$ の少なくともいずれかを混合したガスであることを特徴とする請求項 9 記載の半導体装置。

【請求項 1 1】

前記有機低誘電率膜が、シリコン非含有の有機膜、炭化水素系の有機低誘電率膜、芳香族系の有機低誘電率膜又はフッ素含有樹脂膜のいずれかを含み、

前記シリコン含有絶縁膜が、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{SiOF}$ 、有機 $\text{SOG}$ 、無機多孔質膜又は無機低誘電率膜のいずれかを含むことを特徴とする請求項 9 又は 1 0 に記載の半導体装置。

【請求項 1 2】

前記シリコン含有絶縁膜の膜厚が  $0.3 \mu\text{m}$  以下、前記有機低誘電率膜の膜厚が  $0.1 \mu\text{m}$  以上であり、前記貫通孔のアスペクト比が 1.5 以上であることを特徴とする請求項 9 乃至 1 1 のいずれか一に記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置及びその製造方法に関し、特に、有機低誘電率膜をエッチングして形成したビアホール及び溝を含む半導体装置及びその製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

近年の半導体装置の高集積化及びチップサイズの縮小化に伴い、配線の微細化及び多層配線化が進められている。LSI 等の多層配線構造の半導体装置では、多層配線中の配線が近接してくると配線パターン間の寄生容量による配線遅延の問題が発生する。そこで、配線遅延を改善するために配線抵抗及び配線容量の低減が重要な課題となってきた。

【0 0 0 3】

配線容量の低減を図る方法として、層間絶縁膜を構成する絶縁膜として、従来から使われている  $\text{SiO}_2$  系の絶縁膜の代わりに炭化水素系有機材料やフルオロカーボン系有機材料などの誘電率の低い材料を用いる方法が検討されている。これらの材料の誘電率は一般的に 2.0 ～ 2.5 程度であり、従来の  $\text{SiO}_2$  系の絶縁膜と比較すると 40 % 程度誘電率を低くすることができる。また、配線抵抗

を低減する方法として、従来用いられていたアルミニウム配線の代わりに抵抗の低い銅配線が用いられるようになってきている。

#### 【 0 0 0 4 】

このような材料を用いて多層配線構造を形成する場合、銅のエッチングが困難であることから多層配線プロセスが採用される（特開平 9 - 5 5 4 2 9 号公報、特開平 1 1 - 2 7 4 1 2 1 号公報、特開 2 0 0 0 - 7 7 4 0 9 号公報等）。ここで、多層配線プロセスの概略について図 2 及び図 3 を参照して説明すると、まず、シリコン基板 1 上に誘電率の低い有機系の低誘電率膜 6 a とシリコン酸化膜等のシリコン含有絶縁膜 7 a とを形成し、フォトリソグラフィ及びドライエッチング技術を用いてこれらの絶縁膜 6 a、7 a を貫通する配線溝 9 を形成する。その後、配線溝 9 の内面を覆うように窒化タンタル（T a N）等のバリアメタル 1 0 a を形成し、続いて、配線溝 9 を埋めるように C u 等の配線金属 1 0 b を堆積する。次に、化学機械的研磨（CMP:Chemical Mechanical Polishing）法を用いて、配線溝 9 内部のみにバリアメタル 1 0 a 及び配線金属 1 0 b が残るように研磨を行い、絶縁膜 6 a、7 a 中の配線溝 9 に C u が埋め込まれた第 1 配線 1 0 を形成する（図 2（a）乃至（d）参照）。

#### 【 0 0 0 5 】

続いて、同様に第 1 配線 1 0 の上層に有機低誘電率膜 6 b とシリコン含有絶縁膜 7 b とを形成し、フォトリソグラフィ及びドライエッチング技術を用いてこれらの絶縁膜 6 b、7 b を貫通するビアホール 1 1 を形成する。その後、ビアホール 1 1 にバリアメタル 1 2 a、接続金属 1 2 b を堆積した後、CMP 法を用いて、ビアホール 1 1 内部にバリアメタル 1 2 a 及び配線金属 1 2 b が埋め込まれた接続プラグ 1 2 を形成する（図 3（e）乃至（h）参照）。

#### 【 0 0 0 6 】

##### 【発明が解決しようとする課題】

上述した手法により多層配線構造を形成する場合、配線溝 9 やビアホール 1 1 のエッチング形状がマスク設計寸法より大きくなると配線同士が近接してしまい、特に、近年の 0. 1 8  $\mu$  m 以下の設計ルール of 半導体装置では、わずかな位置ずれがあっても上下層の配線の接続に不良が生じてしまう。従って、層間絶縁膜

のエッチングは精度良く行う必要があるが、一般的に有機低誘電率膜は、酸素ガスを用いた R I E (Reactive Ion Etching) によってエッチングされており、酸素ガスを用いたエッチングでは下記の理由によりアスペクト比の大きい配線溝 9 やビアホール 1 1 を形成することは難しいという問題がある。

## 【 0 0 0 7 】

この問題について図面を参照して説明する。図 4 は従来の有機低誘電率膜のエッチング方法を模式的に示す工程断面図である。まず、シリコン基板 1 上又は所定の絶縁膜や配線層上に有機低誘電率膜 2 を塗布し、続いてシリコン酸化膜 1 3 を C V D (Chemical Vapor Deposition) 法等により形成する。その後、シリコン酸化膜 1 3 上に公知のリソグラフィ技術を用いて所定の開口部 5 を有するレジストパターン 4 を形成する (図 4 (a) 乃至 (c) 参照)。

## 【 0 0 0 8 】

次に、レジストパターン 4 をエッチングマスクとして、 $\text{CF}_4$  等のフッ素系ガスを用いてシリコン酸化膜 1 3 のエッチングを行った後 (図 4 (d) 参照)、今度はシリコン酸化膜 1 3 をエッチングマスクとして、酸素ガスを用いたドライエッチングにより有機低誘電率膜 2 のエッチングを行う。この場合、ドライエッチングの異方性を十分に確保するためには、酸素ガスの圧力を下げ、自己バイアス電圧 (V d c) を高くする必要があるが、このような条件下では通常、エッチングに寄与するラジカル種の濃度が低下するために十分なエッチング速度が得られない。しかし一方、エッチング速度向上のためにラジカル濃度を高くすると異方性形状が得られず、図 4 (e) に示すように、ビアホールの内壁が弓なりに広がったボーイング形状となってしまう。ビアホールがボーイング形状となると、その後に金属膜を埋める際に、バリアメタルが形成されない部分が生じたり、ビアホール内に空洞が生じ、接続の信頼性が低下してしまう。

## 【 0 0 0 9 】

また、酸素ガスを用いると、酸素プラズマによるエッチングによって有機低誘電率膜 2 の表面に C - O 結合が形成されて表面層の誘電率が上昇してしまい、低誘電率膜を用いる効果が低下するという問題も発生する。

## 【 0 0 1 0 】

このように、酸素ガスを用いたドライエッチングでは、ビアホールをマスク設計寸法通りに垂直にエッチングすることが困難であり、オーバーエッチングマージンが小さいことから近年の微細化が要求される半導体装置の製造に適用することが難しい。そこで、エッチングガスとして酸素ガスの代わりに $N_2/H_2$ ガスを用いる方法が提案されている。この方法について図5を参照して説明する。

#### 【0011】

まず、シリコン基板1上又は所定の絶縁膜や配線層上に有機低誘電率膜2を塗布し、その上に、シリコン酸化膜13を形成する(図5(a)、(b)参照)。次に、シリコン酸化膜13の上に公知のリソグラフィ技術を用いて所定の開口部5を有するレジストパターン4を形成し、このレジストパターン4をマスクとして $CF_4$ 等のフッ素系ガスを用いてシリコン酸化膜13のエッチングを行う(図5(d)参照)。続いて、図5(e)に示すように、エッチングされたシリコン酸化膜13をエッチングマスクとして、 $N_2/H_2$ ガスを用いて有機低誘電率膜2のエッチングを行う。

#### 【0012】

ここで、 $N_2/H_2$ ガスを用いて有機低誘電率膜2のエッチングを行った場合、有機低誘電率膜2のエッチング孔側壁にC-N結合を含む反応生成物が形成されるために、ビアホール側壁の過剰なエッチングを防止することができるため、エッチング断面はボーイング形状となりにくく、従ってオーバーエッチングのマージンを大きくすることができる。

#### 【0013】

しかしながら、 $N_2/H_2$ ガスはエッチングレートが小さくエッチング時間が長くなってしまうために、生産性が悪化してしまうと共に、 $N_2/H_2$ ガスではエッチング時間が長いため、ハードマスクとして用いるシリコン酸化膜13をスパッタする時間が長くなるので、シリコン酸化膜13の開口断面が後退して開口径が広がる肩落ちという問題が発生してしまう。

#### 【0014】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであって、その主たる目的は、有機低誘電率膜に形成するビアホールの断面がボーイング形状になったり、有機低



誘電率膜のエッチングマスクとして用いるシリコン含有絶縁膜が肩落ちすることがなく、有機低誘電率膜を精度よくエッチングすることができる半導体装置及びその製造方法を提供することにある。

## 【 0 0 1 5 】

## 【問題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明は、有機低誘電率膜からなる層間絶縁膜のエッチングを $\text{NH}_3$ 又は $\text{NH}_3$ を含むガスを用いて行うものである。

## 【 0 0 1 6 】

また、本発明は、有機低誘電率膜とその上層に形成するシリコン含有絶縁膜とで構成される層間絶縁膜上にレジストパターンを形成し、該レジストパターンをマスクとして前記シリコン含有絶縁膜をエッチングした後、前記シリコン含有絶縁膜をマスクとして前記有機低誘電率膜のエッチングを行う絶縁膜のエッチング方法であって、前記有機低誘電率膜のエッチングを $\text{NH}_3$ 又は $\text{NH}_3$ を含むガスを用いて行い、前記有機低誘電率膜のエッチングに際して前記レジストパターンを同時に除去するものである。

## 【 0 0 1 7 】

また、本発明は、半導体基板の上層に有機低誘電率膜を所定の膜厚で形成する工程と、前記有機低誘電率膜上にシリコン含有絶縁膜を堆積する工程と、前記シリコン含有絶縁膜上に所定の開口を有するレジストパターンを形成する工程と、前記レジストパターンをマスクとしてフッ素系のガスを用いたドライエッチングにより前記シリコン含有絶縁膜をエッチングする工程と、前記シリコン含有絶縁膜をマスクとして前記有機低誘電率膜をエッチングして所定の形状の貫通孔を形成する工程と、前記貫通孔内部にバリアメタルと金属膜とを埋設する工程と、を少なくとも有する多層配線構造の半導体装置の製造方法において、前記有機低誘電率膜のエッチングを、 $\text{NH}_3$ 又は $\text{NH}_3$ を含むガスを用いて行い、前記有機低誘電率膜のエッチングに際して前記レジストパターンを同時に除去するものである。

## 【 0 0 1 8 】

本発明の半導体装置は、基板上層に所定の膜厚の有機低誘電率膜と $\text{NH}_3$ 系ガ

スに耐性のあるシリコン含有絶縁膜とで構成される層間絶縁膜を有し、該層間絶縁層に所定の形状の貫通を備え、前記貫通孔内部にバリアメタルと金属膜とが埋設された配線層を少なくとも有する多層配線構造の半導体装置であって、前記有機低誘電率膜に設けられた貫通孔が、 $\text{NH}_3$ 又は $\text{NH}_3$ を含むガスを用いたドライエッチングにより形成された所定の値以上のアスペクト比を有するものである。

## 【 0 0 1 9 】

本発明においては、前記 $\text{NH}_3$ を含むガスが、 $\text{NH}_3$ に $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2$ の少なくともいずれかを混合したガスであり、前記シリコン含有絶縁膜が $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{SiOF}$ 、有機 $\text{SOG}$ 、無機多孔質膜又は無機低誘電率膜のいずれかを含み、前記有機低誘電率膜が、シリコン非含有の有機膜、炭化水素系の有機低誘電率膜、芳香族系の有機低誘電率膜又はフッ素含有樹脂膜のいずれかを含むことが好ましい。

## 【 0 0 2 0 】

このように、本発明は、層間絶縁層を有機低誘電率膜と $\text{NH}_3$ 系ガスに耐性のあるシリコン含有絶縁膜の2層構造とし、レジストパターンをマスクとしてシリコン含有絶縁膜をエッチングした後、シリコン含有絶縁膜をマスクとして $\text{NH}_3$ 又は $\text{NH}_3$ を含むガスを用いて有機低誘電率膜をエッチングすることによって、シリコン含有絶縁膜の肩落ちを防止してレジストパターン開口径通りの貫通孔を略垂直な断面形状で形成することができ、また、 $\text{N}_2/\text{H}_2$ ガスに比べてエッチングレートを大きくすることができるため、エッチング時間の短縮を図ることができる。

## 【 0 0 2 1 】

## 【発明の実施の形態】

本発明に係る有機低誘電率膜のエッチング方法は、その好ましい一実施の形態において、有機低誘電率膜（図1の2）と $\text{NH}_3$ 系ガスに耐性のあるシリコン含有絶縁膜（図1の3）とで構成される層間絶縁膜上に所定の開口径を有するレジストパターン（図1の4）を形成し、レジストパターンをマスクとしてシリコン含有絶縁膜をドライエッチングした後、シリコン含有絶縁膜をエッチングマスクとして $\text{NH}_3$ 又は $\text{NH}_3$ を含むガスを用いたドライエッチングにより有機低誘電率

膜のエッチングを行い、アスペクト比が大きく略垂直な断面形状の開口部（図 1 の 5）、配線溝（図 2 の 9）、ビアホール（図 3 の 1 1）等を精度よく形成する。

【 0 0 2 2 】

【実施例】

上記した本発明の実施の形態についてさらに詳細に説明すべく、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【 0 0 2 3 】

〔実施例 1〕

まず、本発明の第 1 の実施例に係る有機低誘電率膜のエッチング方法について、図 1 を参照して説明する。図 1 は、第 1 の実施例に係る有機低誘電率膜のエッチング方法を模式的に示す工程断面図である。

【 0 0 2 4 】

図 1 に示すように、本実施例のエッチング方法は、有機低誘電率膜を精度よく略垂直にエッチングするための方法を提供するものである。図面に即して説明すると、まず、図 1（a）に示すように、シリコン基板 1 やその上に形成した絶縁膜や配線層の上に、例えば、炭化水素系の有機絶縁材料、芳香族系の有機絶縁材料やフッ素含有樹脂等の有機低誘電率膜 2 をスピンのコーティングにより 0. 2 ～ 0. 4  $\mu$ m 程度の膜厚で塗布し、その上にハードマスクとなる一般的な無機膜、無機低誘電率膜、無機多孔質膜、有機 SOG（Spin On Glass）膜等のシリコン含有絶縁膜 3 を CVD 法等により 0. 1 ～ 0. 2  $\mu$ m 程度の膜厚で堆積する（図 1（b）参照）。

【 0 0 2 5 】

ここで、炭化水素系の有機低誘電率膜 2 としては、旭化成社製の ALCAP（商品名）、シュウマツハ社製の V E L O X（商品名）、ダウケミカル社製の S i L K（商品名）等があり、芳香族系の有機低誘電率膜 2 としては、ダウケミカル社製の S i L K（商品名）、アライドシグナル社製の F L A R E（商品名）等を用いることができる。また、無機膜としては、S i O<sub>2</sub>、S i N、S i C、S i O F 等、無機低誘電率膜としては、H S Q（Hydrogen Silsesquioxane）等、無

機多孔質膜としては、nanoglass（商品名）等、有機SOG膜としてはHOSP（商品名）等のMSQ等を用いることができる。なお、ハードマスクとして用いるシリコン含有絶縁膜3を有機低誘電率膜2のエッチング後も層間絶縁膜として残す場合には、誘電率の低い部材を用いることが好ましい。

## 【0026】

次に、シリコン含有絶縁膜3上に公知のリソグラフィ技術を用いて所定の開口を有するレジストパターン4を形成し（図1（c）参照）、このレジストパターン4をマスクとして、例えば、 $C_4F_8/Ar/O_2$ 等のフッ素系のガスを用いたドライエッチングによりシリコン含有絶縁膜3のエッチングを行う（図1（d）参照）。続いて、図1（e）に示すように、パターン形成されたシリコン含有絶縁膜3をエッチングマスクとして、例えば、 $NH_3$ ガスや $NH_3$ に他のガスを混合したガスを用いたドライエッチングにより有機低誘電率膜2のエッチングを行う。この際、シリコン含有絶縁膜3上に形成したレジストパターン4は、有機低誘電率膜2のエッチングと同時に除去されるため、レジストパターン4を事前に除去する必要はない。

## 【0027】

なお、シリコン含有絶縁膜3のエッチングに用いるフッ素系のガスとしては、 $C_4F_8/Ar/O_2$ の他に、 $CF_4$ 、 $CF_4/Ar$ 、 $C_4F_8/Ar$ 等を用いることができ、有機低誘電率膜2のエッチングに用いるガスとしては、 $NH_3$ 単体の他、 $NH_3/N_2$ 、 $NH_3/H_2$ 、 $NH_3/N_2/H_2$ 、 $NH_3/O_2$ 等の混合ガスを用いることができる。

## 【0028】

ここで、 $NH_3$ を含有するガスを用いることにより、母ガスから解離生成するNHを増大させることができ、エッチングレートを大きくすることができる。従ってエッチング時間が短縮され、ハードマスクとなるシリコン含有絶縁膜3をスパッタする時間を短くすることができるため、シリコン含有絶縁膜3の肩落ちを防止することができる。また、 $NH_3$ は解離しやすく電子密度が増大するため、シリコン基板1に対する自己バイアス電圧を減少させることができ、ハードマスクのスパッタリング効率を更に低下させることができる。

## 【 0 0 2 9 】

また、 $\text{NH}_3$ ガスに $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2$ ガスのいずれか又はその組み合わせを混合することによって、エッチングレートを増大させたり、オーバーエッチングのマージンを拡大させたりすることができるが、その組み合わせ、混合比等はエッチングの被対象物との関係で最適な条件が決定される。

## 【 0 0 3 0 】

このように、層間絶縁層を有機低誘電率膜2とシリコン含有絶縁膜3、好ましくは無機低誘電率膜の2層構造とし、レジストパターン4を用いてシリコン含有絶縁膜3をエッチングした後、シリコン含有絶縁膜3をマスクとして $\text{NH}_3$ を含むガスを用いて有機低誘電率膜2をエッチングすることによって、シリコン含有絶縁膜3の肩落ちを防止してレジストパターン4の開口径通りの開口部5を形成することができ、また、 $\text{N}_2/\text{H}_2$ ガスに比べてエッチングレートを大きくすることができるため、エッチング時間の短縮を図ることができる。

## 【 0 0 3 1 】

また、シリコン含有絶縁膜3のスパッタリング効率を低くすることができるため、シリコン含有絶縁膜3を薄くすることができ、層間絶縁膜全体の誘電率を低くすることができると共に、エッチング断面形状を略垂直にすることができるため、アスペクト比の大きい開口部5を形成することができる。例えば、シリコン含有絶縁膜3の膜厚を $0.3\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $0.1\sim 0.2\mu\text{m}$ 程度、有機低誘電率膜2の膜厚を $0.1\mu\text{m}$ 以上、好ましくは $0.2\sim 0.4\mu\text{m}$ 程度、レジストパターン4の開口径を $0.2\mu\text{m}$ 程度とすると、アスペクト比が1.5以上の開口部5を形成することができる。

## 【 0 0 3 2 】

なお、本実施例では、シリコン基板1上に形成した有機低誘電率膜2とシリコン含有絶縁膜3をエッチングする場合について記載したが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、有機低誘電率膜2を用いて配線間の寄生容量の低減を図ることができる任意の場所に適用することができ、また、有機低誘電率膜2としてシリコンを含有しない他の有機膜等を用いることもできる。

## 【 0 0 3 3 】

## 〔実施例 2〕

次に、本発明の第 2 の実施例に係る半導体装置及びその製造方法について、図 2 及び図 3 を参照して説明する。図 2 及び図 3 は、第 2 の実施例に係る半導体装置の製造工程を模式的に示す工程断面図であり、作図の都合上分図したものである。なお、本実施例は、前記した第 1 の実施例の有機低誘電率膜のエッチング方法を多層配線構造の半導体装置に適用したものである。

## 【0034】

図面を参照して、本実施例の半導体装置の製造方法について説明すると、まず、前記した第 1 の実施例と同様に、シリコン基板 1 上又はその上に形成したシリコン酸化膜、シリコン窒化膜等の絶縁膜や所定の配線層上に、例えば、炭化水素系の有機絶縁材料、芳香族系の有機絶縁材料やフッ素含有樹脂等の有機低誘電率膜 6 a をスピニングや CVD 法により  $0.2 \sim 0.4 \mu\text{m}$  程度の膜厚で形成し、続いて、HSQ 等の無機低誘電率膜、SiN 等の無機膜、無機多孔質膜又は有機 SOG 等のシリコン含有絶縁膜 7 a を CVD 法あるいはスピコート等を用いて  $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$  程度の膜厚で堆積する（図 2 (a) 参照）。その後、公知のフォトリソグラフィ法を用いてシリコン含有絶縁膜 7 a 上に所定の開口を有するレジストパターン 8 a を形成する。

## 【0035】

続いて、図 2 (b) に示すように、レジストパターン 8 a をマスクとしてシリコン含有絶縁膜 7 a をドライエッチングする。シリコン含有絶縁膜 7 a として SiN を用いる場合、エッチング条件としては、例えば、エッチングガスとして  $\text{CF}_4/\text{Ar}/\text{O}_2$  等を用い、流量  $\text{CF}_4/\text{Ar}/\text{O}_2 = 30/150/15 \text{ sccm}$ 、圧力  $15 \text{ mTorr}$  ( $2.0 \text{ Pa}$ )、バイアス  $400 \text{ W}$  の条件で行う。

## 【0036】

続いて、図 2 (c) に示すように、シリコン含有絶縁膜 7 a をマスクとして有機低誘電率膜 6 a をドライエッチングする。有機低誘電率膜 6 a として SiLK を用いる場合、エッチング条件としては、例えば、エッチングガスとして  $\text{NH}_3$  又は  $\text{NH}_3$  に  $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2$  を混合したガスを用いてエッチングを行う。

## 【0037】

ここで、 $\text{NH}_3$ を含有するガスを用いることにより、前記した第1の実施例と同様に、エッチングに寄与する $\text{NH}$ を増大させることができ、また、シリコン基板1に対する自己バイアス電圧を減少させることができるため、ハードマスクとなるシリコン含有絶縁膜7aをスパッタする時間が短くなり、シリコン含有絶縁膜7aの肩落ちを防止することができる。

## 【0038】

次に、図2(d)に示すように、配線溝9の内面を覆うようにTa、又はTa<sub>N</sub>等のバリアメタル10aとCu等の配線金属10bとを、例えばスパッタ法等を用いて堆積した後、電解メッキ法により配線金属10bを形成する。その後、水素ガス雰囲気中でアニール処理を行い、配線金属10bの埋め込み性を改善する。次に、CMP法を用いて、配線溝9内部のみにバリアメタル10a及び配線金属10bが残るように研磨を行い、図2(d)に示す第1配線10を形成する。

## 【0039】

なお、本実施例の配線溝9の幅及び間隔は、それぞれ0.2 $\mu\text{m}$ 、0.2 $\mu\text{m}$ 程度と微細であるが、本実施例のエッチング方法によればマスク寸法通りにエッチングすることができるため、配線がショートしたり位置ずれが生じることはない。また、配線溝9の側壁は略垂直にエッチングされており、酸素ガスでエッチングした従来例のようにボーイング形状となることはないため、配線溝9に空洞が生じると言う問題を回避することができる。

## 【0040】

次に、第1配線10上に所定の配線プラグ12を形成するが、その手順は図2(a)乃至(d)と同様であり、形成する膜の種類、膜厚、エッチング条件等が異なる。まず、第1配線10及びシリコン含有絶縁膜7a上に、炭化水素系、芳香族系やフッ素含有樹脂等の有機低誘電率膜6bをスピニング又はCVD法により0.2～0.4 $\mu\text{m}$ 程度の膜厚で形成し、続いて、無機低誘電率膜、 $\text{SiO}_2$ 等の無機膜、無機多孔質膜、有機SOG膜等のシリコン含有絶縁膜7bをCVD法又はスピニングにより0.1～0.2 $\mu\text{m}$ 程度の膜厚で堆積する。その後、公知のフォトリソグラフィ法を用いて接続プラグ孔12を形成す

る部分に開口を有するレジストパターン 8 b を形成する。

【 0 0 4 1 】

続いて、レジストパターン 8 b をマスクとしてシリコン含有絶縁膜 7 b をフッ素系ガスを用いてドライエッチングし、続いて、シリコン含有絶縁膜 7 b をマスクとして有機低誘電率膜 6 b を  $\text{NH}_3$  又は  $\text{NH}_3$  に  $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2$  を混合したガスを用いてドライエッチングする（図 3（f）、（g）参照）。エッチング条件としては、シリコン含有絶縁膜 7 b として  $\text{SiO}_2$  を用いる場合は、例えば、エッチングガスとして  $\text{CF}_4/\text{Ar}/\text{O}_2$  等を用い、流量  $\text{CF}_4/\text{Ar}/\text{O}_2 = 30/150/15 \text{ sccm}$ 、圧力  $15 \text{ mTorr}$ （ $2.0 \text{ pa}$ ）、バイアス  $400 \text{ W}$  の条件で行い、有機低誘電率膜 6 b として  $\text{SiLK}$  を用いる場合は、例えば、 $\text{NH}_3$  ガスを用い、流量  $600 \text{ sccm}$ 、圧力  $300 \text{ mTorr}$ （ $40 \text{ pa}$ ）、バイアス  $1200 \text{ W}$  の条件で行うことが好ましい。

【 0 0 4 2 】

ここで、有機低誘電率膜 6 b の膜厚は図示していない他の領域の凹凸を平坦化するために有機低誘電率膜 6 a に比べて厚くなり、それに伴いビアホール 1 1 のアスペクト比も大きくなるが、本実施例の方法では有機低誘電率膜 6 a の膜厚が厚い場合であっても、 $\text{NH}_3$  又は  $\text{NH}_3$  を含有するガスを用いることにより、略垂直にビアホール 1 1 を形成することができるため、設計の余裕度を大きくすることができる。

【 0 0 4 3 】

その後、図 3（h）に示すように、ビアホール 1 1 の内面を覆うようにバリアメタル 1 2 a と  $\text{Cu}$  等の接続金属 1 2 b とを、例えばスパッタ法等を用いて堆積した後、CMP 法を用いて、ビアホール 1 1 内部のみにバリアメタル 1 2 a 及び接続金属 1 2 b が残るように研磨を行い、所定の第 1 配線 1 0 と接続される接続プラグ 1 2 が形成され、同様の方法で配線層を積層することで多層配線構造の半導体装置が製造される。

【 0 0 4 4 】

このように、多層配線構造の半導体装置の製造にあたって、前記した第 1 の実施例と同様に、低誘電率絶縁層を有機低誘電率膜 6 a、6 b とシリコン含有絶縁



膜 7 a、7 b の 2 層構造とし、レジストパターン 8 a、8 b をマスクとしてフッ素系ガスを用いてシリコン含有絶縁膜 7 a、7 b をエッチングした後、シリコン含有絶縁膜 7 a、7 b をマスクとして  $\text{NH}_3$  又は  $\text{NH}_3$  を含むガスを用いて有機低誘電率膜 6 a、6 b をエッチングすることによって、シリコン含有絶縁膜 7 a、7 b のスパッタによる肩落ちを防止してレジストパターン 8 a、8 b の開口径通りの配線溝 9 及びビアホール 11 を形成することができ、また、 $\text{N}_2/\text{H}_2$  ガスに比べてエッチングレートを大きくすることができるため、エッチング時間の短縮を図ることができる。

## 【0045】

なお、有機低誘電率膜 2 のエッチングガスとして、 $\text{NH}_3$  単体のほかに、 $\text{NH}_3/\text{N}_2$ 、 $\text{NH}_3/\text{H}_2$ 、 $\text{NH}_3/\text{O}_2$  やこれらを組み合わせたガスを用いることができ、また、シリコン含有絶縁膜として、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{SiOF}$  等の無機膜、HSQ 等の無機低誘電率膜、MSQ 等の有機 SOG 膜を、有機低誘電率膜として Si を含有しない他の有機膜等を用いることもできるのは前記した第 1 の実施例と同様である。

## 【0046】

## 【発明の効果】

以上説明したように、本発明の半導体装置及びその製造方法によれば、下記記載の効果を奏する。

## 【0047】

本発明の第 1 の効果は、炭化水素系、芳香族系やフッ素含有樹脂等の有機低誘電率膜をマスク設計寸法通りに精度よくエッチングすることができるということである。その理由は、有機低誘電率膜上にシリコン含有絶縁膜を形成し、レジストパターンをマスクとしてシリコン含有絶縁膜をエッチングした後、シリコン含有絶縁膜をマスクとして  $\text{NH}_3$  又は  $\text{NH}_3$  を含むガスを用いて有機低誘電率膜をエッチングすることによって、シリコン含有絶縁膜のスパッタによる肩落ちを防止し、断面が略垂直となるようにエッチングすることができるからである。

## 【0048】

また、本発明の第 2 の効果は、 $\text{N}_2/\text{H}_2$  ガスに比べてエッチング時間を短縮さ

せることができ、スループットを向上させることができるということである。その理由は、 $\text{NH}_3$ 又は $\text{NH}_3$ を含有するガスを用いることにより、母ガスから解離生成する $\text{NH}$ を増大させることができ、エッチングレートを大きくすることができるからである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施例に係る有機低誘電率膜のエッチング方法を模式的に示す断面図である。

【図 2】

本発明の第 2 の実施例に係る多層配線構造の半導体装置の製造方法を模式的に示す工程断面図である。

【図 3】

本発明の第 2 の実施例に係る多層配線構造の半導体装置の製造方法を模式的に示す工程断面図である。

【図 4】

従来の有機低誘電率膜のエッチング方法を模式的に示す断面図である。

【図 5】

従来の有機低誘電率膜のエッチング方法を模式的に示す断面図である。

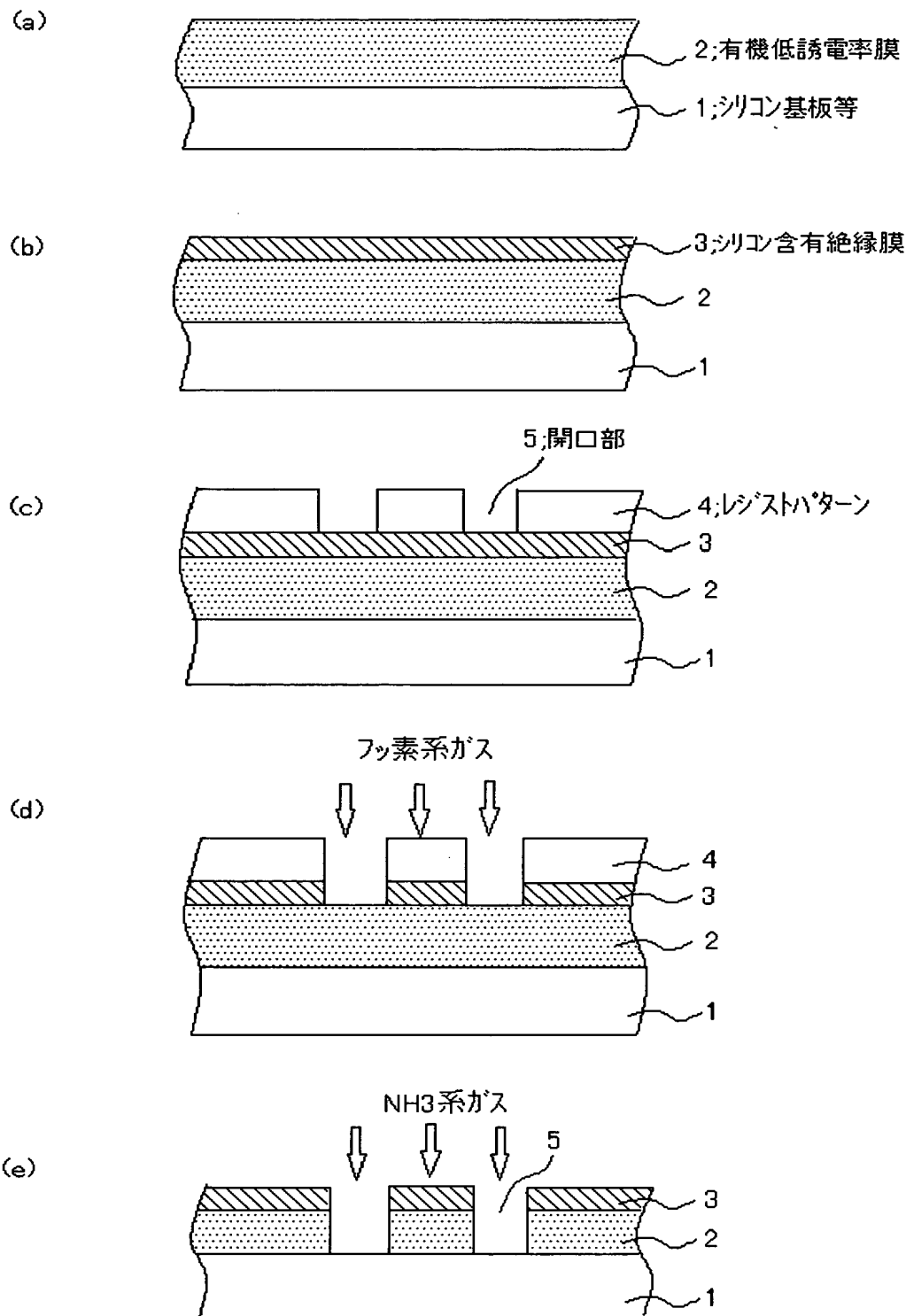
【符号の説明】

- 1 シリコン基板等
- 2 有機低誘電率膜
- 3 シリコン含有絶縁膜
- 4 レジストパターン
- 5 開口部
- 6 a、6 b 有機低誘電率膜
- 7 a、7 b シリコン含有絶縁膜
- 8 a、8 b レジストパターン
- 9 配線溝
- 10 第 1 配線

- 1 0 a バリアメタル
- 1 0 b 配線金属
- 1 1 ビアホール
- 1 2 接続プラグ
- 1 2 a バリアメタル
- 1 2 b 接続金属
- 1 3 シリコン酸化膜

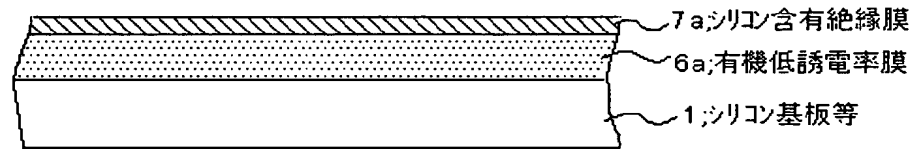
【書類名】 図面

【図 1】

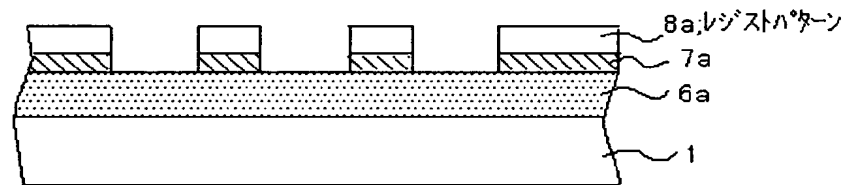


【図 2】

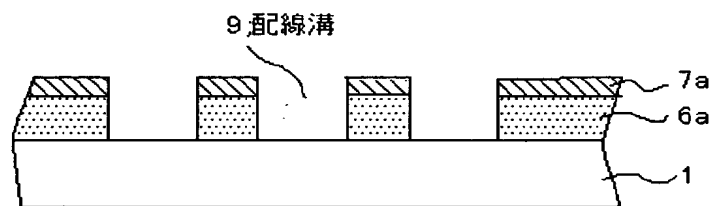
(a)



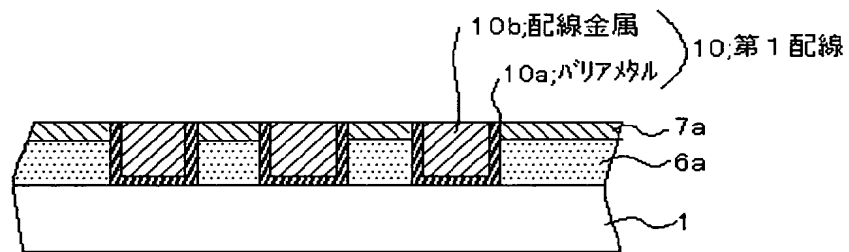
(b)



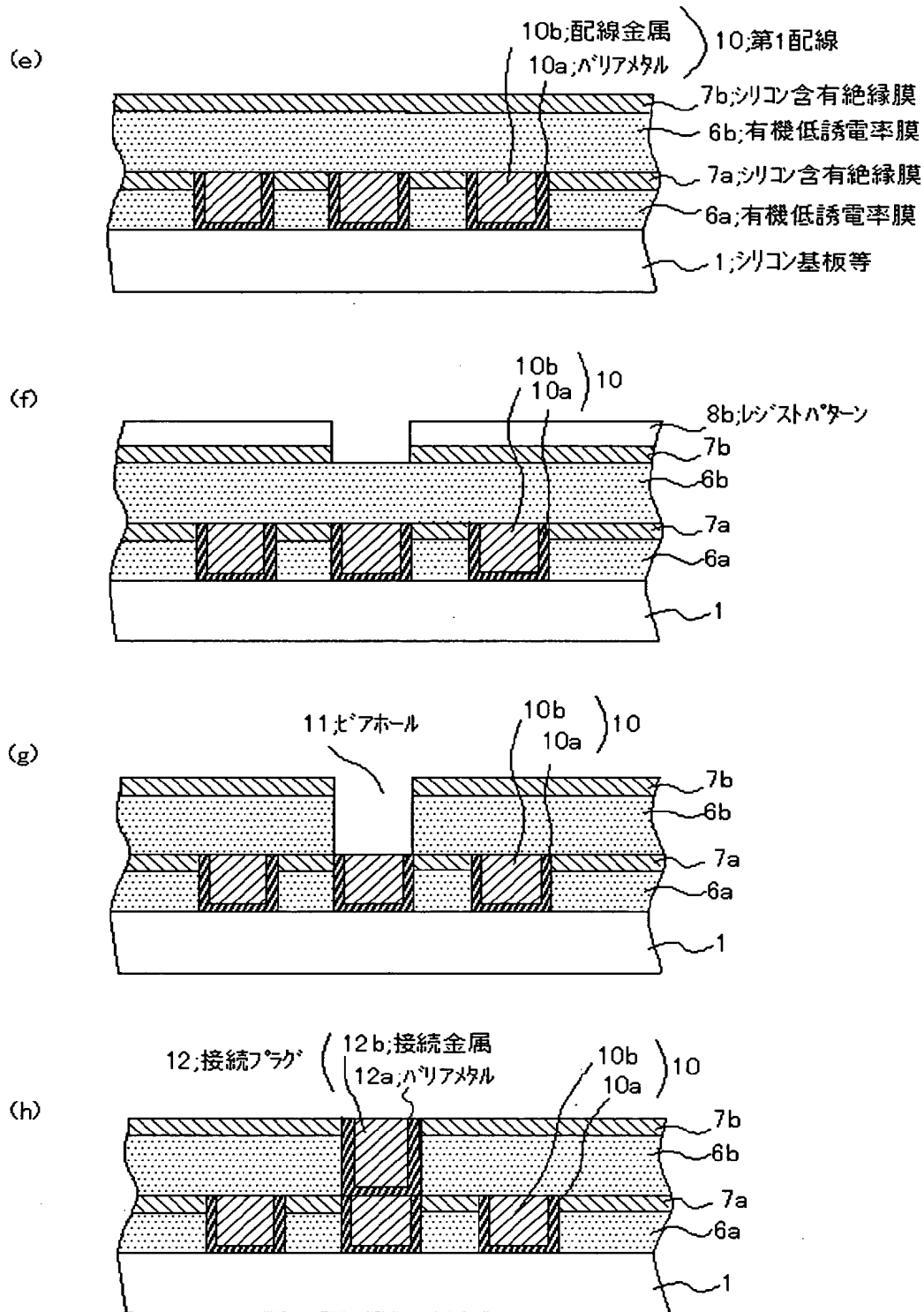
(c)



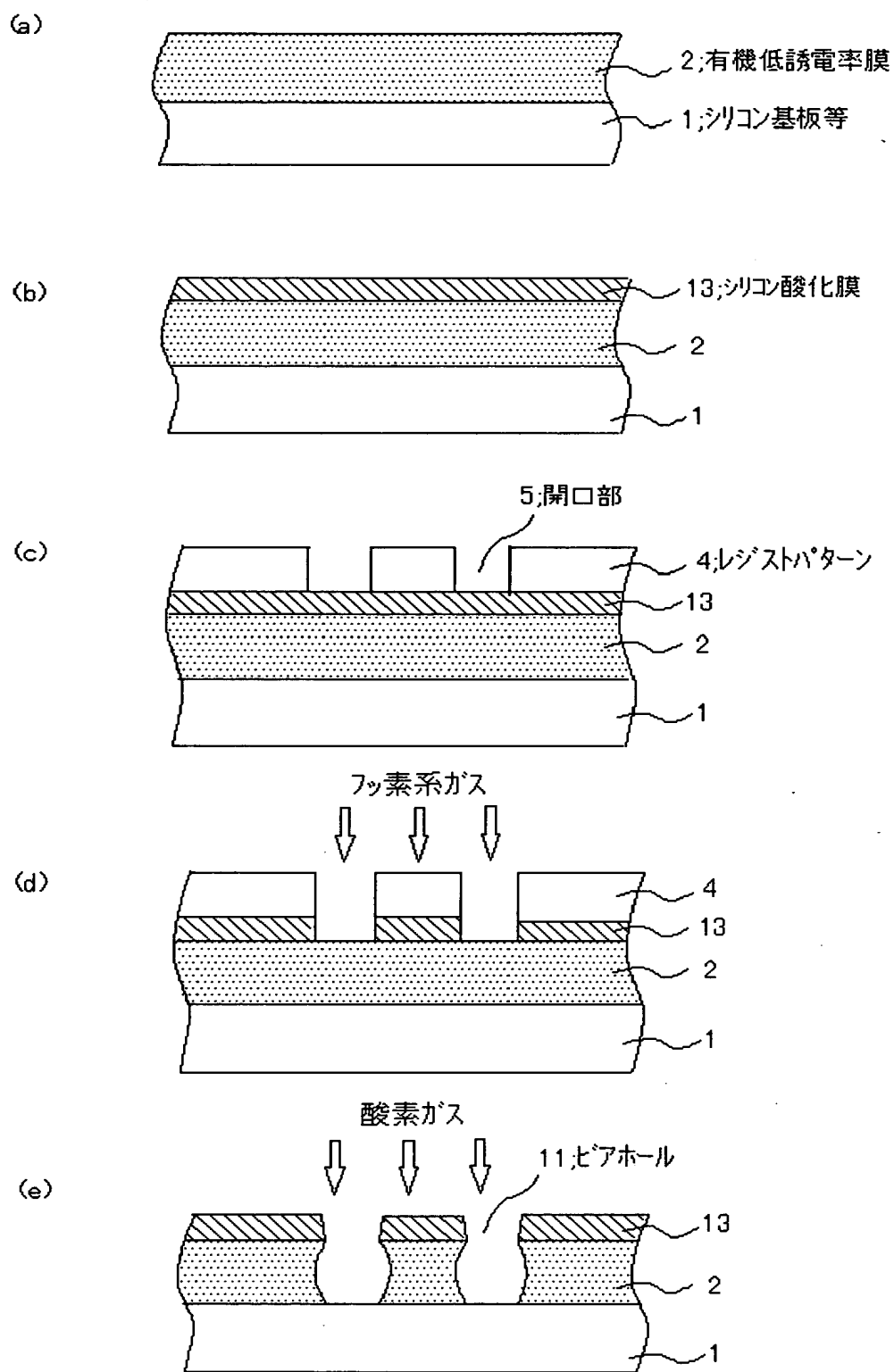
(d)



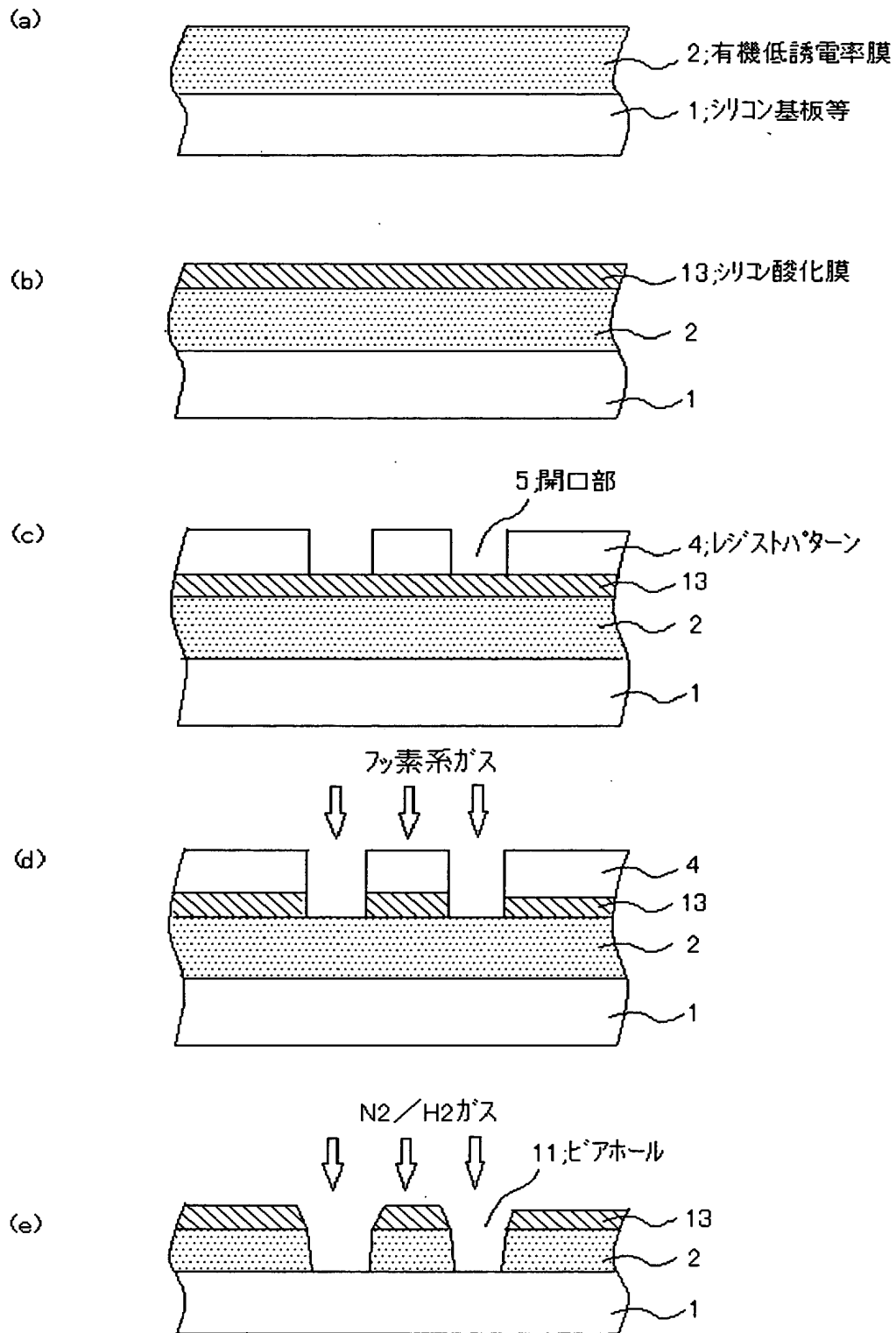
【図 3】



【図 4】



【図 5】





特 2 0 0 0 - 1 2 0 3 3 7

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

有機低誘電率膜に形成するビアホールの断面がボーイング形状になったり、有機低誘電率膜のエッチングマスクとして用いるシリコン含有絶縁膜が肩落ちすることがなく、有機低誘電率膜を精度よくエッチングすることができる半導体装置及びその製造方法の提供。

【解決手段】

有機低誘電率膜（図 1 の 2）と  $\text{NH}_3$  系ガスに耐性のあるシリコン含有絶縁膜（図 1 の 3）とで構成される層間絶縁膜上に所定の開口径を有するレジストパターン（図 1 の 4）を形成し、レジストパターンをマスクとしてシリコン含有絶縁膜をドライエッチングした後、シリコン含有絶縁膜をエッチングマスクとして  $\text{NH}_3$  又は  $\text{NH}_3$  を含むガスを用いたドライエッチングにより有機低誘電率膜のエッチングを行い、アスペクト比が大きく略垂直な断面形状の開口部（図 1 の 5）を精度よく形成する。

【選択図】

図 1

認 定 ・ 付 加 情 報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 1 2 0 3 3 7
受付番号	5 0 0 0 0 5 0 4 8 3 8
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 2 年 4 月 2 4 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成12年 4月21日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝五丁目7番1号
氏 名	日本電気株式会社